

528, 263

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際公開番号

(19)世界知的所有権機関
国際事務局(43)国際公開日
2004年4月8日 (08.04.2004)

PCT

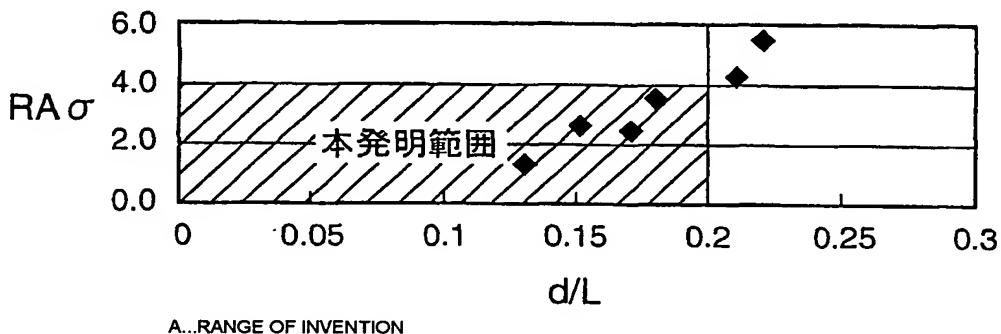
(10)国際公開番号
WO 2004/029315 A1

- (51)国際特許分類⁷: C22C 38/00
- (21)国際出願番号: PCT/JP2003/012121
- (22)国際出願日: 2003年9月24日 (24.09.2003)
- (25)国際出願の言語: 日本語
- (26)国際公開の言語: 日本語
- (30)優先権データ:
特願2002-281161 2002年9月26日 (26.09.2002) JP
特願2003-282947 2003年7月30日 (30.07.2003) JP
- (71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) [JP/JP]; 〒651-8585 兵庫県 神戸市中央区 脇浜町2丁目10番26号 Hyogo (JP).
- (72)発明者; および
(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 長尾 譲 (NAGAO,Mamoru) [JP/JP]; 〒651-2271 兵庫県 神戸市西区 高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内 Hyogo (JP). 黒田 武司 (KURODA,Takeshi) [JP/JP]; 〒657-0863 兵庫県 神戸市灘区 灘浜東町2番 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内 Hyogo (JP). 南田 高明 (MINAMIDA,Takaaki) [JP/JP]; 〒675-0137 兵庫県 加古川市 金沢町1番 株式会社神戸製鋼所加古川製鉄所内 Hyogo (JP).

[続葉有]

(54) Title: HOT MILLED WIRE ROD EXCELLING IN WIRE DRAWABILITY AND ENABLING AVOIDING HEAT TREATMENT BEFORE WIRE DRAWING

(54)発明の名称: 伸線前の熱処理が省略可能な伸線加工性に優れた熱間圧延線材



(57) Abstract: A hot milled wire rod of 5.0 mm or greater diameter comprising: C: 0.6 - 1.0% (in terms of mass%, hereinafter applicable), Si: 0.1 - 1.5%, and Mn: 0.3 - 1.0%, wherein P: is limited to 0.02% or less, and S: is limited to 0.02% or less, and whose 90 area% or more is constituted of pearlite structure. This hot milled wire rod exhibits, at a length of 4 m, mechanical properties satisfying: (1) $TS^*-30 \leq \text{average of tensile strength } (TS_{AV}:\text{MPa}) \leq TS^*+30$, wherein $TS^* = 400 \times \{[C]+([Mn]+[Si])/5\} + 670$ in which [] means the content (%) of each element; (2) standard deviation of tensile strength $(TS\sigma) \leq 30\text{MPa}$; (3) average of rupture area reduction $(RA_{AV}) > 35\%$; and (4) standard deviation of rupture area reduction $(RA\sigma) \leq 4\%$. This hot milled wire rod highly excels in wire drawability only through hot milling even when heat treatment such as patenting is avoided and enables striking reduction of wire breakage frequency as compared with that of conventional rods.

(57)要約: C : 0. 6 ~ 1. 0 % (質量%の意味、以下同じ)、Si : 0. 1 ~ 1. 5 %、Mn : 0. 3 ~ 1. 0 %を含有し、P : 0. 0 2 %以下、S : 0. 0 2 %以下に抑制されており、90面積%以上がパーライト組織である線径5. 0 mm以上の熱間圧延線材であって、4 m長さの線材における機械的特性が下記(1)~(4)を満足する熱間圧延線材である。 (1) $TS^*-30 \leq \text{引張強さの平均値 } (TS_{AV}:\text{MPa}) \leq TS^*+30$ ここで、 $TS^* = 400 \times \{[C]+([Mn]+[Si])/5\} + 670$ であり、式中、[]は、各元素の含有量 (%) を意味する。 (2)引張強さの標準偏差 $(TS\sigma) \leq 30\text{MPa}$ (3)破断絞りの平均値 $(RA_{AV}) > 35\%$ (4)破断絞りの標準偏差 $(RA\sigma) \leq 4\%$ 本発明の熱間圧延線材は、パテンティング処理等の熱処理を省略したとしても熱間圧延のままで伸線加工性に極めて優れており、従来材に比べて断線

[続葉有]

WO 2004/029315 A1

V 2004/029315 A1



(74) 代理人: 小谷 悅司, 外(KOTANI,Etsuji et al.); 〒 530-0005 大阪府 大阪市北区 中之島2丁目2番2号ニ チメンビル2階 Osaka (JP). 添付公開書類:
— 國際調査報告書

(81) 指定国(国内): BR, CA, CN, KR, US.

(84) 指定国(広域): ヨーロッパ特許(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR). 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

伸線前の熱処理が省略可能な伸線加工性に優れた熱間圧延線材

技術分野

本発明は、伸線前の熱処理が省略可能であり、熱間圧延まで優れた伸線加工性を有する熱間圧延線材に関するものである。本発明の熱間圧延線材は、線材全体における引張強さの平均値が適切に制御されているのみならず、引張強さのバラツキも少なく、且つ、破断絞りの平均値も高く、破断絞りのバラツキも少ない為、スチールコード、ビードワイヤ、PC鋼線、ワイヤロープ等の高強度鋼線を製造する素材として非常に有用である。

尚、本発明で対象としているのは線径が5.0 mm以上の熱間圧延線材であるが、これは、従来材では、5.5～5.0 mm線径の高炭素鋼線材（JIS規格品）を1.0 mm前後の最終熱処理線径まで伸線する工程が、最も厳しい伸線加工性が要求されるという実情に鑑み設定したものである。即ち、本発明は、従来材と同一線径の熱間圧延線材における伸線加工性を、一層高める為の技術を提供するものである。

背景技術

従来、スチールコードやビードワイヤ等は、通常、炭素含有量が0.7～0.8%程度の高炭素鋼〔JIS G 3502 (SWRS72A, SWRS82A)相当〕を熱間圧延した後、冷却条件を制御することにより直径5.0～6.4 mm程度の鋼線材とし、次いで、一次伸線加工、パテンディング処理、二次伸線加工、（スチールコードの場合は再度のパテンディング処理）、Cu-Zn二相めっき、ブルーイング処理を施した後、最終的に湿式伸線加工（仕上げ伸線）を行って所定の線径とすることにより製造されている。このうちパテンディング処理（焼鈍処理）は、伸線加工性に適した微細なパーライト組織を得るために行われるが、生

産性の向上や省エネルギー対策、ひいてはコストの低減化を目的として、パテンティング処理等の熱処理の省略が可能な熱間圧延線材（ダイレクトパテンティング材）の開発が進められている。

例えば特許文献1（特公平3-60900号公報）には、伸線ダイス寿命に優れ、かつ断線回数も少ない鋼線材として、高炭素鋼線材のC当量と引張強さ、粗パーライト占有率の関係を規定した線材が提案されている（特許請求の範囲、第1欄第19行～第2欄第6行、第5欄第7～33行）。上記文献では、特に「ダイレクトパテンティング線材には最適な引張強さが存在し、引張強さが低くても高くて断線率が上昇する」という知見に基づき、引張強さの平均値をC当量との関係で制御しているが、それでもなお、伸線中の断線発生を充分に阻止できない場合があることが、本発明者らの検討結果により明らかになった。圧延線材の機械的特性は、線材の長さ（部位）によって異なり、引張強さや絞りが高い値を示す部分と、低い部分が混在しているのが一般的である。従って、上記文献の如く、単純に、引張強さの平均値を規定するだけでは、局所的に強度の高い部分や延性の低い部分に対する制御が不充分であり、これが伸線中の断線発生起点となって断線を招くことになる。

また、ダイレクトパテンティング材の提供を意図したものではないが、特許文献2（特開2001-179325号公報）には、熱間圧延後のコイルを徐冷することによって直接軟質化を可能にする方法として、熱間圧延後の冷却コンベア上のコイルの冷却速度を、鋼材の成分、徐冷開始時のオーステナイト粒径、線径、リングピッチ、徐冷カバーの温度を制御する方法が開示されている（段落[0001]、[0004]、[0020]～[0026]、図1）。しかしながら、上記文献にはもともと、本発明の如く、「伸線加工性に極めて優れた熱間圧延線材を提供する為には、上述した機械的特性のバラツキが少ない線材とすることが不可欠である」という発想はない為、前記特許文献1と同様、局所的に強度の極端に低い部分や延性の低い部分に対する制御が未だ不充分である。

発明の開示

本発明は上記事情に着目してなされたものであり、その目的は、パテンティング処理等の熱処理を省略したとしても熱間圧延のままで伸線加工性に極めて優れており、従来材に比べて断線回数の著しく軽減された熱間圧延線材を提供することにある。

上記課題を解決し得た本発明に係る伸線前の熱処理が省略可能な伸線加工性に優れた熱間圧延線材は、

C : 0. 6 ~ 1. 0 % (質量%の意味、以下同じ) ,

Si : 0. 1 ~ 1. 5 %,

Mn : 0. 3 ~ 1. 0 % を含有し、

P : 0. 02 %以下,

S : 0. 02 %以下に抑制されており、

90面積%以上がパーライト組織である線径 5. 0 mm以上の熱間圧延線材であって、

4 m長さの線材における機械的特性が下記(1)~(4)を満足するものであるところに要旨を有するものである。

(1) $TS* - 30 \leq$ 引張強さの平均値 (TS_{AV} : MPa) $\leq TS* + 30$

ここで、 $TS* = 400 \times \{[C] + ([Mn] + [Si]) / 5\} + 670$ で

あり、式中、[]は、各元素の含有量 (%) を意味する。

(2) 引張強さの標準偏差 (TS_σ) ≤ 30 MPa

(3) 破断絞りの平均値 (RA_{AV}) > 35 %

(4) 破断絞りの標準偏差 (RA_σ) ≤ 4 %

図面の簡単な説明

図1は、冷却方法Bを採用したNo. 8~14について、d/LとRA_σの関係をグラフ化したものである。

図2は、冷却方法Bを採用したNo. 8~14について、d/Lと伸線加工性

(伸線径 1. 2 mmまでの断線頻度) の関係をグラフ化したものである。

図 3 は、冷却方法 C を採用した No. 15 ~ 21 について、 d/L と RA_σ の関係をグラフ化したものである。

図 4 は、冷却方法 C を採用した No. 15 ~ 21 について、 d/L と伸線加工性 (伸線径 1. 2 mmまでの断線頻度) の関係をグラフ化したものである。

図 5 は、冷却方法 A を採用した No. 1 ~ 6 について、 d/L と、 RA_σ の関係をグラフ化したものである。

図 6 は、冷却方法 A を採用した No. 1 ~ 6 について、 d/L と伸線加工性の関係をグラフ化したものである。

発明を実施するための最良の形態

本発明者らは、従来材に比べ、熱延まで、伸線加工性が一層高められた熱間圧延線材を提供すべく鋭意検討してきた。その結果、良好な伸線加工性を確保する為には、前述した従来公報に教示されている通り、熱間圧延終了後に調整冷却を行う等して引張強さ (TS) の平均値 (TS_{Av}) を所定範囲に制御することが必要であるが、これだけでは不充分であり、更に、延性の指標である破断絞り (RA) の平均値 (RA_{Av}) をも高くする必要があることが分かった。しかしながら、 TS を下げるにと RA のバラツキが大きくなつて所望の RA_{Av} 値が得られず、局所的な延性劣化部に基づく断線発生を防止できないことが判明した。即ち、従来材に比べて、断線回数を著しく軽減することができる「伸線加工性に極めて優れた熱間圧延線材」を提供する為には、単純に TS_{Av} 値を低く制御するだけでは不充分であり、 RA_{Av} 及び破断絞りの標準偏差 (RA_σ) をも制御することが必要であり、更には、引張強さの標準偏差 (TS_σ) も小さく制御して、機械的特性のバラツキが少ない熱間圧延線材とすることが不可欠であることが明らかになった。この様な熱間圧延線材を得る為には、従来の如く、熱間圧延条件を制御したり巻取後の冷却速度を調整するだけでは不充分であり、圧延後コンベアに搬送される線材の積載密度 [d/L (d = 線材の線径、 L = リングピッ

チ)】を、従来法に比べて小さく制御することによって始めて得られることを見出し、本発明を完成した。

以下、本発明線材について説明する。

上述した通り、本発明に係る「伸線前の熱処理が省略可能な伸線加工性に優れた熱間圧延線材」は、C : 0.6~1.0%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.3~1.0%を含有する線径5.0mm以上の熱間圧延線材であって、組織は、90面積%以上がパーライト組織であり、4m長さの線材における機械的特性が上記(1)~(4)を満足するものであるところに特徴がある。

[組織]

本発明の熱間圧延線材は、圧延線材中の組織の90面積%以上がパーライト組織である。パーライト組織以外の組織(粒界フェライト、ベイナイト、マルテンサイト)が増加し、パーライト面積率が90面積%未満になると、延性が劣化する為である。優れた伸線加工性を確保する為には、パーライト組織は多ければ多い程、好ましく、パーライト組織の面積率として好ましいのは95面積%以上、最も好ましくは100面積% (完全パーライト組織) である。

本発明で規定する鋼中成分(後記する)を満足するものは概ね、圧延線材中のパーライト面積率が90%以上となるが、当該パーライト面積率をより高める為には、特に圧延終了後の冷却速度を適切に制御することが推奨される。

更に本発明の作用を一層高める目的で、パーライト組織中の平均ノジュール径を10μm以下とすることが推奨される。これにより、更に伸線性が向上し、伸線速度を上昇させたときでも、伸線後の断線を抑制できる様になる(後記する実施例3を参照)。かかる観点からすれば、上記の平均ノジュール径は、小さい程好ましく、より好ましくは8μm以下、更により好ましくは6μm以下である。

ここでノジュールとは、パーライト組織中のフェライトの結晶方位が同一方位を示す領域を意味し、パーライト組織中の平均ノジュール径は、以下の方法によって測定される。

まず、圧延材の板厚方向断面D/4(Dは線径)中、200μm×200μm

の視野を、SEM/EBS P (Electron Back Scatter Diffraction Pattern) を用いて0.5 μmピッチでフェライトの方位解析をする。各測定点間の方位差が15度以上となる境界をノジュールサイズの粒界として表示させ、総長800 μm中のノジュール粒界数(N)を、切片法を用いて測定し、800/Nの値を、「パーライト組織中の平均ノジュール径」とする。

[機械的特性]

本発明では、連続した4m長さの線材をサンプリングし、その機械的特性を、「伸線加工性の非常に優れた熱間圧延線材」を得る為の指標として定めている。ここで、サンプリング長さを4m(概ね線材コイル一周の長さに相当する)に設定した理由は、線材コイル全体の機械的特性値を推定する為には、4m長さが最小限必要であるという実験結果に基づくものであり、これよりも短いと誤差が生じ易く、これよりも長いと実用的でない観点から定めた。

具体的には、線材コイル全体のうち、任意に連続した4m長さをサンプリングし、JIS9B号試験片を連続して16本(n=16)採取したときの各機械的特性値を測定すればよい。

まず、本発明線材を特徴付ける上記(1)～(4)の機械的特性について説明する。

$$(1) TS* - 30 \leq \text{引張強さの平均値} (TS_{AV}: MPa) \leq TS* + 30$$

ここで、 $TS* = 400 \times \{[C] + ([Mn] + [Si]) / 5\} + 670$ であり、

式中、[]は、各元素の含有量(%)を意味する。

本発明の如く高炭素鋼線材における伸線加工性を確保する為には、 TS_{AV} を適切に制御することが必要である。 TS_{AV} が高過ぎると断線率が上昇してしまい、一方、 TS_{AV} が低過ぎると、伸線加工性向上に有用な組織が得られない。本発明では、 TS_{AV} を、 $TS*$ [強度向上に寄与する化学成分(C, Si, Mn)の関係式で表される値]との関係で所定範囲に制御しており、その範囲を、 $TS* - 30$ から $TS* + 30$ と定めた。好ましくは $TS* - 20$ 以上、 $TS* + 20$ 以下である。

$$(2) \text{引張強さの標準偏差} (TS_{\sigma}) \leq 30 \text{ MPa}$$

本発明では、従来の如く $T S_{AV}$ を制御するのみならず、更に $T S_\sigma$ を 30 MPa 以下に制御し、TS のバラツキを小さくすることが必要である。これにより、従来材に比べ、断線発生頻度をより低減することができるからである。 $T S_\sigma$ は小さければ小さい程好ましく、28 MPa 以下、より好ましくは 26 MPa 以下とすることが推奨される。

(3) 破断絞りの平均値 ($R A_{AV}$) > 35 %

熱間圧延線材の破断絞りは、伸線加工後初期の伸線加工性を支配しており、本発明では、工業的な伸線加工性を決定する主な因子は $R A_{AV}$ 及び後記する $R A_\sigma$ であるという観点に基づき、 $R A_{AV}$ を 35 % 超と定めた。 $R A_{AV}$ が 35 % 以下になると、伸線初期に断線する頻度が高くなる。 $R A_{AV}$ は大きい程好ましく、40 % 以上、より好ましくは 45 % 以上とすることが推奨される。

(4) 破断絞りの標準偏差 ($R A_\sigma$) ≤ 4 %

前述した通り、 $R A_{AV}$ が所定値を満足していても、破断絞りが極端に低い部位が存在すると、その部位が局所的な延性劣化部となり、断線の起点となる。そこで本発明では、 $R A_\sigma$ を 4 % 以下と定め、RA のバラツキを少なくした。 $R A_\sigma$ は小さい程好ましく、3 % 以下、より好ましくは 2 % 以下とすることが推奨される。

[鋼中成分]

次に本発明線材を構成する化学成分について説明する。

C : 0.6 ~ 1.0 %

C は、線材の必要強度を確保するために必須の元素であり、その為に、0.6 % 以上添加する。好ましくは 0.65 % 以上、より好ましくは 0.7 % 以上である。一方、1.0 % を超えると、熱間圧延後の冷却過程において、断線の起点となる初析セメンタイトを抑制することが困難である。好ましくは 0.95 % 以下である。

Si : 0.1 ~ 1.5 %

Si は、パーライト中のフェライト強度を増加させ、強度調整に寄与する元素

であり、脱酸剤としても有用である。この様な作用を有効に発揮させる為には、0.1%以上の添加が必要であり、好ましくは0.12%以上である。但し、過剰に添加すると、鋼中フェライトの延性を劣化させ、断線し易くなる為、その上限を1.5%に定めた。好ましくは1.3%以下である。

Mn : 0.3 ~ 1.0%

Mnは鋼の焼入性を確保し、強度を高めるのに有用な元素である。この様な作用を有効に発揮させるには、0.3%以上（好ましくは0.35%以上）添加する。但し、過剰に添加すると、熱延圧延後の冷却過程で偏析を起こし、伸線加工性に有害なマルテンサイト等の過冷組織が発生し易くなる為、その上限を1.0%に定めた。好ましくは0.8%以下である。

P : 0.02%以下

Pは鋼の韌性・延性を劣化させる元素であり、伸線やその後の撚り工程における断線を防止する為に、その上限を0.02%と定めた。好ましくは0.01%以下、より好ましくは0.005%以下である。

S : 0.02%以下

SもPと同様、鋼の韌性・延性を劣化させる元素であり、伸線やその後の撚り工程における断線を防止する為に、その上限を0.02%と定めた。好ましくは0.01%以下、より好ましくは0.005%以下である。

本発明線材は上記成分を含有し、残部：鉄及び不可避的不純物であるが、本発明の作用を一層高める目的で、更に下記元素を添加することが推奨される。

C r : 0.3%以下 (0%を含まない) , 及び／又はN i : 0.3%以下 (0%を含まない)

C r及びN iはいずれも、焼入性を高めて強度向上に寄与する元素である。この様な作用を有効に発揮させる為には、C rを0.1%以上、N iを0.1%以上添加することが推奨される。但し、過剰に添加するとマルテンサイトが発生し易くなる為、その上限をC r : 0.3%（より好ましくは0.25%）、N i : 0.3%（より好ましくは0.25%）に、夫々定めた。これらの元素は単独で

添加しても良いし、併用しても構わない。

Nb, V, Ti, Hf, 及びZrよりなる群から選択される少なくとも一種の元素を合計で0.1%以下含有(0%を含まない)

これらの元素は、微細な炭窒化物を析出して高強度化に寄与する元素である。この様な作用を有効に発揮させる為には、Nb, V, Ti, Hf, 及びZrを夫々、0.003%以上、添加することが推奨される。但し、過剰に添加すると延性が劣化する為、その上限を、合計で0.1%（より好ましくは0.08%）に定めた。これらの元素は単独で添加しても良いし、併用しても構わない。

N : 0.01%以下

Nは線材の韌性、延性を劣化させる元素であり、断線を防止して伸線加工性を高める為には少ない程良いという観点に基づき、本発明では、N : 0.01%以下（より好ましくは0.008%以下）に定めた。

Al : 0.05%以下、Mg : 0.01%以下

これらの元素はいずれも脱酸剤として有用であるが、過剰に添加すると、Al₂O₃、MgO-Al₂O₃等の酸化物系介在物が多く発生し、当該介在物を起因とする断線が多発することから、その上限を夫々、Al : 0.05%、Mg : 0.01%とする。より好ましくはAl : 0.01%以下、Mg : 0.005%以下である。

B : 0.001~0.005%

Bは、鋼中に固溶するフリーBとして存在することにより、第2相フェライトの生成を抑制することが知られており、特に縦割れの抑制が必要な高強度線材を製造するにはBの添加が有効である。所定のフリーBを確保する為には、Bを0.001%以上（より好ましくは0.002%以上）添加することが推奨される。但し、0.005%を超えて添加しても、Bが化合物として析出し、延性を劣化させる為、その上限を0.005%と定めた。より好ましくは0.004%以下である。

更に上記成分以外にも、本発明の作用を損なわない範囲で、許容し得る他の成

分を添加しても良く、不純物も含まれる。

次に、本発明に係る線材を製造する方法について説明する。

本発明で目的とする所定の機械的特性値を得る為には、上記成分を満足する鋼片を加熱し、所定の線径（5.5 mmまたは5.0 mm）まで熱間圧延した後、コンベアに搬送された線材を調整冷却すると共に、当該線材の積載密度 [d/L ; d =線材の線径、 L =リングピッチ（線材と線材の間の距離）] を0.20以下に制御することが必要である。特に本発明では、圧延後コンベアに積載される線材の本数が $d/L \leq 0.20$ となる様に、圧延速度とコンベアの搬送速度を制御しつつ調整したところに特徴がある。従来材では、熱間圧延後、コンベアに搬送された線材を、衝風量を調節する等して $T_{S_{AV}}$ を所定範囲に制御しているが、それだけでは T_{S_o} を制御することはできず、更に所望の $R_{A_{AV}}$ 及び R_{A_o} を確保することも困難だからである。

以下、各工程について説明する。

まず、上記成分を満足する鋼片を加熱するが、加熱条件は特に限定されず、熱延まま線材を製造するのに通常実施される条件（例えば900～1250℃）を採用することができる。

次に、所定の線径まで熱間圧延するが、熱間圧延条件も特に限定されず、所望の機械的特性が得られる様、適宜、適切な条件を実施することができる。例えば仕上圧延温度を800～1150℃、巻取温度（床面にループ状に載置して冷却し始める温度）を980～750℃に制御すること等が推奨される。

上記の様にして熱間圧延及び巻取を行った後、圧延後の線材をコンベア（例えばステルモアコンベア）に搬送するが、ここでは、コンベア上で線材の冷却速度を制御すると共に、当該線材の積載密度 (d/L) を適切に調節することが必要である。

まず、冷却速度の制御は、特に所定の $T_{S_{AV}}$ を確保する為に必要であり、具体的には、900～670℃までの平均冷却速度を8～20℃/s（より好ましくは10～15℃/s）と急冷し、670～500℃までの平均冷却速度を1～

5 °C/s（より好ましくは1～3 °C/s）で徐冷するという、二段冷却を採用することが推奨される。一段冷却では、強度を下げようとすると延性も比例的に低下してしまい、要求される伸線加工性が得られないからである。具体的には、ステルモア冷却設備を用い、衝風量を調節する等して上記の如く調整冷却すればよい。

次に本発明法の特徴部分である線材の積載密度（d/L）について説明する。前述した通り、所望の機械的特性を備えた線材（特にバラツキの少ない線材）を得る為には、d/Lを0.20以下に制御することが必要であり、これにより、従来材に比べ、断線回数も著しく軽減可能な熱延まま線材を得ることができる。例えば前述した特許文献1を始めとする従来の方法では、コンベアに搬送された線材の積載密度はあまり考慮しておらず、衝風量を調節する等して冷却速度を調整するに止まっていた為、積載密度が大きい部分（即ち、線材が密に存在する部分）は充分冷却されず、積載密度が小さい部分（即ち、線材が疎に存在する部分）は急冷されるといった様に冷却速度にムラが生じており、特に冷却速度の遅い部分が主な原因となって、TSやRAのバラツキとなって現われていたと考えられる。そこで本発明では、冷却速度のみならず、積載密度をも制御しており、これにより、いずれの線材部分においても一定の冷却速度（具体的には、疎部・密度の冷却速度を5 °C/s以内）とることができ、バラツキの少ない線材が得られる結果、伸線加工性を著しく高めることが可能になった。d/Lは小さければ小さい程良く、好ましくは0.18以下、より好ましくは0.16以下である。尚、その下限は特に限定されないが、生産性等を考慮すると0.10以上、より好ましくは0.15以上に制御することが推奨される。

尚、前述した特許文献2では、熱間圧延後の冷却コンベア上のコイルの冷却速度を徐冷するに当たり、軟質化のために最も影響がある温度域（750～650 °C）の間の平均冷却速度を、コイル密部およびコイル疎部に分けて、dやL等との関係で制御する方法が開示されているが、その実態は、図1に示す通り、当該温度域を0.05～2.0 °Cに徐冷するというものであり、本発明の如く、d/Lを0.20以下に制御することにより、それ以上の平均冷却速度で冷却する

方法とは実質的に相違する。実際のところ、上記特許文献2に示す表3において、 d/L を計算すると、いずれも本発明で規定する値（0.20以下）を超えるものしか開示されておらず（表3の計算値は全て0.33以上である）、これでは、本発明で目的とする特性は得られないことを、後記する実施例で確認している。

上記 d/L は、線材の圧延速度とステルモアコンペアの搬送速度を調整する等して制御することができる。このうち d は、特に線材の圧延速度によって主に決定され、 L は、コンペアの搬送速度によって主に決定される。

尚、パーライト組織中の平均ノジュール径を10μm以下とするには、特に仕上圧延温度及び巻取温度を同じ温度範囲内に制御し、且つ、巻取り後の冷却工程を厳しく制御することが推奨される。具体的には、仕上圧延温度を750～900℃とし、巻取温度も750～900℃の範囲に制御して巻取った後、巻取後10秒以内に、600～630℃まで冷却し、冷却後15秒以内（巻取後から起算すると25秒以内）に一旦650～680℃まで昇温させてから、冷却する。

ここで、仕上圧延温度を750℃以上（好ましくは800℃以上）900℃以下（好ましくは850℃以下）とするのは、パーライト変態核生成サイトであるγ粒界の単位体積当たりの面積を大きくする為であり、これにより、パーライトの平均ノジュール径を10μm以下に小さくすることが可能となる。特に750℃未満では、未再結晶圧延となり、γ粒内からのパーライト変態が誘発され、圧延材の組織が不均質になって伸線加工性が劣化してしまう。尚、仕上圧延温度の下限は、ノジュール径を10μm以下に制御しない場合（この場合の仕上圧延温度の好ましい下限は800℃）に比べ、750℃と低く設定できるが、その理由は、ノジュール径を10μm以下に制御するときは、巻取後の冷却工程を細かく制御しているからであり、その結果、仕上圧延温度が750℃と低くても、バラツキの少ない線材を得ることができる。

また、巻取温度を750℃以上（好ましくは780℃以上）900℃以下（好ましくは880℃以下）とするのは、900℃を超えると前記仕上圧延温度の場合と同様、所定のγ粒界面積を確保できなくなる為であり、一方、750℃未満

では、ループ巻取が困難となるからである。

更に巻取後10秒以内（好ましくは8秒以内）に600～630℃まで冷却するのは、この温度範囲でパーライト変態を開始させて、所定の強度を確保する為である。巻取後の時間が10秒を超えて、上記温度範囲に冷却すると、変態温度が630℃よりも高温側になり、強度は低下するものの、平均ノジュール径が10μmを超える様になる。

冷却後15秒以内（好ましくは13秒以内）、即ち、巻取後から起算すると25秒以内に、一旦650～680℃まで昇温するのは、前述した(1)～(4)の機械的特性（ $T_{S_{AV}}$ 、 T_{S_σ} 、 $R_{A_{AV}}$ 、 R_{A_σ} ）を本発明の範囲に制御する為である。昇温温度が650℃未満では、平均強度（ $T_{S_{AV}}$ ）が本発明の範囲を超てしまい、本発明による伸線加工性向上効果、特にダイス寿命向上効果が充分得られない。一方、680℃を超えて昇温すると、平均ノジュール径が10μmを超える様になる。同様に、昇温の為に15秒超の時間を費やすことは、10μm超のノジュール径形成を招いてしまう。尚、昇温操作としては、加熱手段を積極的に施しても良いが、パーライト変態の復熱を利用することも可能である。

昇温後の冷却に関しては、特に限定されないが、所望のノジュール径を得る為には、冷却速度はできるだけ速くすることが好ましく、例えば5℃／s以上とすることが推奨される。

本発明によれば熱間圧延ままの線材でも優れた伸線加工性が得られるが、この線材に、更に酸（塩酸、硫酸等）を添加したり機械的に歪みを付与する等してスケールを除去した後、磷酸亜鉛皮膜、磷酸カルシウム皮膜、石灰、金属石鹼などを潤滑剤として用いて伸線、冷間圧延などの処理を施した鋼線であっても、同様の優れた伸線加工性が得られることから、この様な処理済鋼線も本発明の範囲内に包含される。

以下実施例に基づいて本発明を詳述する。ただし、下記実施例は本発明を制限するものではなく、前・後記の趣旨を逸脱しない範囲で変更実施することは全て本発明の技術範囲に包含される。

実施例 1（製造条件の検討）

本実施例では、圧延後の冷却速度や積載密度（ d/L ）を種々変化させた場合における機械的特性に及ぼす影響について調べた。

具体的には、0.82%C-0.21%Si-0.51%Mnの組成からなる鋼片を、1150°Cで加熱し、熱間圧延（仕上圧延温度800~900°C）して直径5.5mmまたは5.0mmの線材を得た。巻取った線材をステルモア冷却設備にかけ、ステルモアコンベア上での平均冷却速度を下記冷却方法A~Cのいずれかに調整すると共に、圧延速度とステルモアコンベアの搬送速度を調整して積載密度が0.13~0.22の範囲となる様に調節して2tコイルを1個圧延した。

冷却方法A（本発明法）

670°Cまでを平均冷却速度10°C/s、

670~500°Cまでの平均冷却速度を5°C/sに制御する。

冷却方法B（本発明を外れる方法）

670~500°Cまでの平均冷却速度を全て5°C/sに制御する。

冷却方法C（本発明を外れる方法）

670~500°Cまでの平均冷却速度を全て2°C/sに制御する。

この様にして得られた線材コイルについて、圧延先端部から長さ20mを切断し、そのうち4mを採取してJIS9B号試験片を16本調製し、引張試験を実施することにより引張強さの平均値（ $T S_{AV}$ ）、引張強さの標準偏差（ $T S_\sigma$ ）、破断絞りの平均値（ $R A_{AV}$ ）、及び破断絞りの標準偏差（ $R A_\sigma$ ）を夫々測定した。

また、上記線材コイルの組織（パーライト面積率）は、走査型電子顕微鏡観察（倍率3,000倍）により測定した。

更にこれらの線材コイルについて、伸線径1.2mm若しくは0.90mmまで伸線実験を行ったときの断線発生頻度（1t当たり）を測定した。上記伸線実験は、7ダイスの連続伸線機を用い、折り返し伸線を行なうものであり、ダイス

角を12°、伸線速度を300m／分とした。

これらの結果を表1に併記すると共に、その実験結果を一部抜粋し、図1～6にグラフ化して示す。このうち図1及び2は、冷却方法Bを採用したNo.8～14の結果をグラフ化したものであり、図1は、 d/L と RA_σ の関係を；図2は、 d/L と伸線加工性（伸線径1.2mmまでの断線頻度）の関係を夫々、示す。図3及び4は、冷却方法Cを採用したNo.15～21の結果をグラフ化したものであり、図3は、 d/L と RA_σ の関係を；図4は、 d/L と伸線加工性（伸線径1.2mmまでの断線頻度）の関係を夫々、示す。図5及び6は、冷却方法Aを採用したNo.1～6の結果をグラフ化したものであり、図5は、 d/L と、 RA_σ の関係を；図6は、 d/L と伸線加工性（伸線径1.2mmまでの断線頻度）の関係を夫々、示す。

尚、本実施例1で製造した線材コイルの組織はいずれも、パーライト面積率が90%以上であった（表には示さず）。

表1

試料 No.	調整 冷却	圧延線径 mm	積載 密度 d/L	機械的性質				伸線加工性 0.90mm**	
				TS_{AV}		TS_{σ}	RA_{AV}		
				実測値	計算値				
1	A	5.5	0.18	1059	1056 ± 30	22	42	3.6 0 5	
2	A	5.5	0.17	1085	1056 ± 30	24	41	2.5 0 5	
3	A	5.0	0.15	1054	1056 ± 30	21	42	2.7 0 5	
4	A	5.0	0.13	1062	1056 ± 30	18	38	1.5 0 0	
5	A	5.5	0.21	1072	1056 ± 30	33	38	4.2 10 -	
6	A	5.0	0.22	1048	1056 ± 30	32	37	5.6 10 -	
7	A	5.0	0.23	1062	1056 ± 30	25	36	8.3 10 -	
8	B	5.5	0.13	1120	1056 ± 30	16	45	1.4 15 -	
9	B	5.5	0.15	1131	1056 ± 30	13	44	2.4 20 -	
10	B	5.5	0.17	1092	1056 ± 30	15	43	2.0 15 -	
11	B	5.5	0.19	1145	1056 ± 30	13	42	3.1 20 -	
12	B	5.5	0.21	1190	1056 ± 30	15	43	2.4 15 -	
13	B	5.5	0.23	1115	1056 ± 30	18	44	4.2 15 -	
14	B	5.5	0.25	1133	1056 ± 30	17	46	4.7 15 -	
15	C	5.5	0.13	1011	1056 ± 30	22	32	5.6 25 -	
16	C	5.5	0.15	1088	1056 ± 30	21	33	6.2 35 -	
17	C	5.0	0.17	989	1056 ± 30	23	34	7.0 25 -	
18	C	5.0	0.19	1020	1056 ± 30	23	34	6.2 20 -	
19	C	5.0	0.21	988	1056 ± 30	22	30	8.5 25 -	
20	C	5.5	0.23	1003	1056 ± 30	21	31	7.8 15 -	
21	C	5.5	0.25	995	1056 ± 30	20	32	8.8 25 -	

注:*=伸線径 1.2mm までの断線発生頻度(1tあたり)

**=伸線径 0.90mm までの断線発生頻度(1tあたり)

- =伸線中止を意味する。

まず、No. 8～14は、冷却方法Bを採用し、且つ、圧延速度及びコンベアの搬送速度に調節して積載密度 d/L を0.13～0.25の範囲内に変えた例である。これらはいずれも、冷却速度を5°C/sと遅くして製造している為、RA_{AV}は所定範囲に制御されるもののTS_{AV}が高くなっている。この様な場合は、たとえNo. 8～11の如く d/L を本発明の範囲内に調整してTS_σ及びRA_σを小さく制御したとしても、伸線加工性が低下する（図1及び2を参照）。

また、No. 15～21は、冷却方法Cを採用し、且つ、圧延速度及びコンベアの搬送速度を調節して積載密度 d/L を0.13～0.25の範囲内に変えた例である。これらはいずれも、上述したNo. 8～14の場合に比べ、更に冷却速度を2°C/sと非常に遅くして製造している為、TS_{AV}及びRA_{AV}が低くなっている。この様な場合は、たとえNo. 15～18の如く d/L を本発明の範囲内に調整してTS_σを小さく制御したとしてもRA_σを小さくすることはできず、伸線加工性が低下する（図3及び4を参照）。

一方、No. 1～8はいずれも、冷却方法Aを採用し、且つ、圧延速度及びコンベアの搬送速度を調節して積載密度 d/L を0.13～0.25の範囲内に変えた例である。

このうちNo. 1～4は、製造条件が適切に制御されている為、 d/L が本発明の範囲を満足する本発明例であり、TS_{AV}、TS_σ、RA_{AV}及びRA_σはいずれも本発明の範囲内に調整されており、伸線加工性に極めて優れている。特にNo. 4は、0.90mmまで伸線しても全く断線しなかった。

これに対し、No. 5及び6は、冷却速度が適切に制御されているのでTS_{AV}及びRA_{AV}は本発明の範囲を満足するものの、 d/L が本発明の範囲を超える為、TS_σ及びRA_σが本発明の範囲を超えて大きくなってしまっており（バラツキが大きい）、伸線加工性に劣っている（図5及び6を参照）。

また、No. 7は、 d/L が本発明の範囲を外れている為、RA_σも高くなり、伸線加工性が低下する。

以上の結果より、TS_{AV}、RA_{AV}、TS_σ及びRA_σの特性を全て、本発明の

範囲内に制御することによって始めて、従来材に比べて伸線加工性が極めて優れた熱間圧延線材を提供できることが分かった。

実施例 2（化学成分の検討）

本実施例では、製造条件を一定とし、鋼中成分を種々変化させた場合における機械的特性に及ぼす影響について調べた。

具体的には表 3 に記載の成分組成からなる鋼片を、実施例 1 と同じ条件で熱間圧延して直径 5.0 mm の線材を得た後、この線材をステルモア冷却設備にかけ、前述した冷却方法 A によりコンベア上の平均冷却速度を調整すると共に、圧延速度及びコンベアの搬送速度を調節して積載密度が 0.13 の範囲となる様に制御して線材コイルを得た。得られた線材コイルの機械的特性及び伸線加工性を、実施例 1 と同様の方法で測定した。これらの結果を表 3 に記載する。尚、本実施例 2 で製造した線材コイルの組織はいずれも、パーライト面積率が 90 % 以上であった（表には示さず）。

表2

鋼種 No.	化学成分(質量%)										その他
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Al	B	
1	0.90	0.25	0.40	0.005	0.007	0.18	0.03	0.005	0.003	-	-
2	0.85	0.18	0.75	0.007	0.009	0.01	0.01	0.007	0.020	0.0015	V=0.05,Ti=0.02
3	0.77	0.85	0.42	0.005	0.002	0.01	0.01	0.005	0.003	0.0021	Nb=0.02,Zr=0.02
4	0.72	0.20	0.78	0.015	0.011	0.01	0.30	0.005	0.040	-	Mg=0.008
5	0.95	0.20	0.40	0.005	0.001	0.30	0.15	0.004	0.015	0.0020	-
6	1.20	0.54	0.67	0.005	0.007	0.01	0.01	0.008	0.005	-	-
7	0.90	1.60	0.44	0.009	0.005	0.21	0.01	0.009	0.007	-	Hf=0.04
8	0.77	0.55	1.04	0.015	0.005	0.01	0.01	0.005	0.025	-	-
9	0.82	0.19	0.55	0.022	0.021	0.01	0.01	0.005	0.003	-	Ti=0.01
10	0.92	0.15	0.77	0.010	0.010	0.35	0.31	0.025	0.004	-	-
11	0.85	0.17	0.44	0.009	0.006	0.01	0.01	0.021	0.060	-	Mg=0.05
12	0.65	0.15	0.77	0.005	0.009	0.01	0.01	0.015	0.004	0.0026	-
13	0.77	0.19	0.56	0.007	0.008	0.01	0.01	0.002	0.003	0.0055	-

表3

No.	機械的特性					伸線加工性	
	TS _{AV} (Mpa)	TS _σ (Mpa)	RA _{AV}	RA _σ	1.2mm*	0.90mm**	
実測値	計算値	(%)	(%)				
1	1089	1082±30	23	39	3.2	0	5
2	1092	1084±30	24	39	3.6	0	5
3	1055	1080±30	22	45	3.8	0	5
4	1052	1036±30	24	42	3.1	0	5
5	1110	1098±30	23	40	2.5	0	5
6	1310	1247±30	18	41	4.2	15	伸線中止
7	1252	1193±30	19	36	4.5	10	伸線中止
8	1235	1103±30	18	37	3.8	15	伸線中止
9	1120	1057±30	18	32	4.5	15	伸線中止
10	1245	1112±30	22	37	4.1	5	15
11	1075	1059±30	24	38	4.8	0	10
12	989	1004±30	29	36	3.8	0	10
13	1025	1038±30	28	41	3.8	0	15

注:*=伸線径 1.2mmまでの断線発生頻度(1tあたり)

**=伸線径 0.90mmまでの断線発生頻度(1tあたり)

表3より以下の様に考察することができる。

まず、No. 1～5はいずれも、本発明で規定する成分組成を満足する鋼を用いた例であり、TS_{AV}、TS_σ、RA_{AV}及びRA_σも本発明で特定する範囲内に調整されている為、1.2 mmまで伸線加工しても全く断線せず、更に0.90 mmまで伸線加工しても断線頻度は5個以内に抑制されており、伸線加工性に極めて優れている。

これに対し、No. 6はC量が多すぎる例、No. 7はSi量が多すぎる例、No. 8はMn量が多すぎる例、No. 9はP及びSの量が多すぎる例であり、いずれも1.2 mmまで伸線すると断線頻度が10～15回と非常に高くなり、0.90 mmまで伸線加工しようとしても伸線できず、中止を余儀なくされた。

また、No. 10はC、Si、Mn、P及びSの量は適切に制御されている為、1.2 mmまでの断線発生頻度は5個以下と良好であるが、Cr及びNiの量が多すぎる為、0.90 mmまで伸線加工すると断線頻度が15個と上昇した。

No. 11はMg及びAlの量が多すぎる例であり、酸化物系介在物が多く発生する為、0.90 mmまで伸線加工すると断線頻度が10個と上昇した。

No. 12はN量が多すぎる例であり、延性が劣化する為、0.90 mmまで伸線加工すると断線頻度が10個と上昇した。

No. 13はB量が多すぎる例であり、延性が劣化する為、0.90 mmまで伸線加工すると断線頻度が15個と上昇した。

実施例3（パーライト組織中の平均ノジュール径の検討）

0.82%C-0.18%Si-0.5%Mnの組成からなる鋼片を、1150°Cで加熱し、表4に記載の条件で熱間圧延・巻取して直径5.5 mmまたは5.0 mmの線材を得た。巻取った線材をステルモア冷却設備にかけ、ステルモアコンペア上で表4に記載の冷却条件および積載密度の調整を行い、2 tコイルを得た。

この様にして得られた線材コイルの機械的特性及び組織を、実施例1と同様の方法で測定すると共に、前述した方法により、パーライト組織中の平均ノジュー

ル径も測定した。また、伸線加工性は、伸線径 1.2 mmまで伸線実験を行なったときの断線発生頻度（1 t当たり）を、伸線速度 300 m／分及び 500 m／分の二通りの条件で行ったこと以外は、実施例 1 と同じ条件で測定した。

これらの結果を表 5 に示す。

表4

鋼種 No.	仕上圧延温度 (°C)	巻取温度 (°C)	巻取から10秒後 の温度(°C)	巻取から25秒後の 温度(°C)	その後の 冷却速度(°C/s)	d/L
1	800	800	615	670	4	0.16
2	750	750	600	665	4	0.18
3	850	850	625	660	4	0.14
4	880	770	610	670	4	0.15
5	830	750	600	660	4	0.15
6	820	750	630	670	4	0.15
7	820	750	600	650	4	0.15
8	800	750	620	660	4	0.15
9	800	750	625	670	4	0.15
10	820	760	610	660	7	0.15
11	825	825	615	650	8	0.16
12	825	825	615	660	8	0.20
13	910	800	620	640	6	0.15
14	910	900	650	630	8	0.15
15	860	800	640	635	7	0.15
16	830	820	580	545	6	0.15
17	825	800	610	590	7	0.15
18	920	850	750	660	5	0.18

表5

鋼種 No.	パーライト 面積率 (%)	平均ノジュール径 (μm)	機械的特性						伸線加工性*
			TS _{AV} (MPa) 実測値	TS _{AV} (MPa) 計算値	TS _{σ} (MPa)	RA _{AV} (%)	RA _{σ} (%)	300m/分	
1	95	9.5	1037	1052±30	25	42	3.7	0	0
2	95	8.6	1037	1052±30	24	40	3.5	0	0
3	95	9.6	1050	1052±30	25	40	3.7	0	0
4	95	9.9	1036	1052±30	27	41	3.5	0	0
5	95	9.3	1038	1052±30	25	41	3.7	0	0
6	95	9.0	1025	1052±30	28	42	3.5	0	0
7	95	9.2	1025	1052±30	24	40	3.8	0	0
8	95	9.1	1033	1052±30	28	42	3.7	0	0
9	95	9.6	1048	1052±30	26	38	3.6	0	0
10	95	8.7	1045	1052±30	26	39	3.7	0	0
11	95	9.0	1031	1052±30	27	40	3.6	0	0
12	95	8.8	1040	1052±30	26	44	3.5	0	0
13	90	13.5	1045	1052±30	28	33	4.2	2.5	伸線中止
14	95	12.1	1049	1052±30	29	35	3.9	0	4.5
15	96	10.8	1033	1052±30	29	35	4.1	3.5	伸線中止
16	96	11.5	1068	1052±30	27	34	3.1	4	伸線中止
17	96	12.4	1086	1052±30	21	33	2.5	3	伸線中止
18	97	11.5	1059	1052±30	22	42	3.6	0	5.5

注:*=伸線径1.2mmまでの断線発生頻度(1tあたり)

表5より、以下の様に考察することができる。

まず、No. 1～12は、圧延条件、巻取条件及び巻取後の冷却条件を適切に制御して、パーライト組織中の平均ノジュール径を10μm以下と微細化した例であり、これらは、実施例1及び2に比べて、より過酷な条件で伸線加工した（1.2mmまで伸線加工したときの伸線速度を300m／分から500m／分に高めた）ときでも、断線は全く認められず、伸線加工性に極めて優れていることが分かる。

これに対し、No. 13～18は、圧延条件、巻取後の冷却条件のいずれかが適切に制御されていない為、平均ノジュール径が10μmを超えた例である。詳細には、No. 13は仕上圧延温度が高く、巻取から25秒後の昇温温度が低い例；No. 14は仕上圧延温度、及び巻取から10秒後の冷却温度が高く、且つ、巻取から25秒後の昇温温度が低い例；No. 15は、巻取から10秒後の冷却温度が高く、巻取から25秒後の昇温温度が低い例；No. 16は、巻取から10秒後の冷却温度、及び巻取から25秒後の昇温温度が共に低い例；No. 17は、巻取から25秒後の昇温温度が低い例；No. 18は、仕上圧延温度、及び巻取から10秒後の冷却温度が共に高い例であり、伸線速度300m／分における断線頻度は4個／以下と良好であるが、伸線速度500m／分における伸線加工性は、平均ノジュール径が10μm以下に制御されている前記No. 1～12に比べて、著しく低下しており、断線頻度が4.5～5.5個認められた（No. 14、及び18）か、伸線中止を余儀なくされた（No. 13、15～17）。

産業上の利用可能性

本発明によれば、パテンティング処理等の熱処理を省略したとしても熱間圧延のままで伸線加工性に極めて優れており、従来材に比べて断線回数を著しく軽減し得る熱間圧延線材を提供することができる。

請求の範囲

1.

C : 0. 6 ~ 1. 0 % (質量%の意味、以下同じ) ,

Si : 0. 1 ~ 1. 5 %,

Mn : 0. 3 ~ 1. 0 %を含有し、

P : 0. 02 %以下,

S : 0. 02 %以下に抑制されており、

90面積%以上がパーライト組織である線径 5. 0 mm以上の熱間圧延線材であって、

4 m長さの線材における機械的特性が下記(1)~(4)を満足するものであることを特徴とする伸線前の熱処理が省略可能な伸線加工性に優れた熱間圧延線材。

(1) $TS^* - 30 \leq$ 引張強さの平均値 (TS_{Av} : MPa) $\leq TS^* + 30$

ここで、 $TS^* = 400 \times \{[C] + ([Mn] + [Si])/5\} + 670$ であり、

式中、[]は、各元素の含有量 (%) を意味する。

(2) 引張強さの標準偏差 (TS_σ) ≤ 30 MPa

(3) 破断絞りの平均値 (RA_{Av}) > 35 %

(4) 破断絞りの標準偏差 (RA_σ) ≤ 4 %

2. 前記パーライト組織中の平均ノジュール径は $10 \mu m$ 以下である請求の範囲第1項に記載の熱間圧延線材。

3. 更に、

Cr : 0. 3 %以下 (0 %を含まない), 及び/又は

Ni : 0. 3 %以下 (0 %を含まない)

を含有するものである請求の範囲第1項に記載の熱間圧延線材。

4. 更に、

Nb, V, Ti, Hf, 及びZrよりなる群から選択される少なくとも一種の元素を合計で0.1%以下(0%を含まない)含有するものである請求の範囲第1項に記載の熱間圧延線材。

5. 更に、

N : 0.01%以下

に抑制されたものである請求の範囲第1項に記載の熱間圧延線材。

6. 更に、

Al : 0.05%以下,

Mg : 0.01%以下

に抑制されたものである請求の範囲第1項に記載の熱間圧延線材。

7. 更に、

B : 0.001~0.005%

を含有するものである請求項の範囲第1項に記載の熱間圧延線材。

図 1

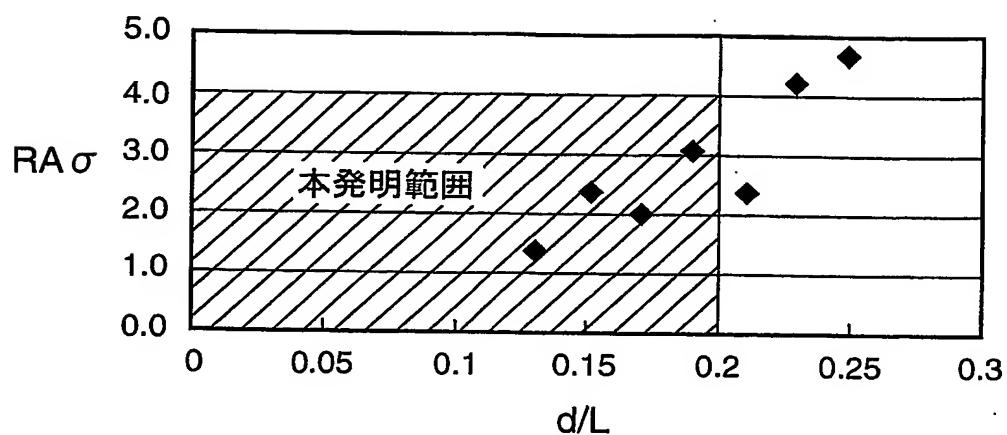


図 2

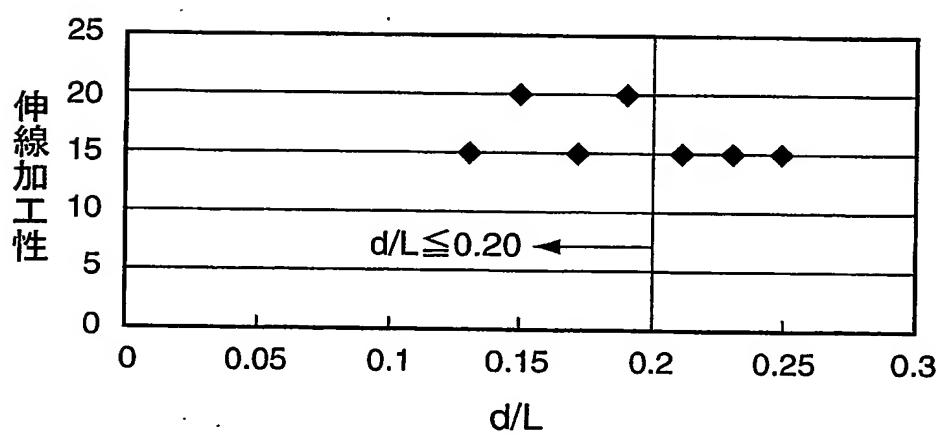


図 3

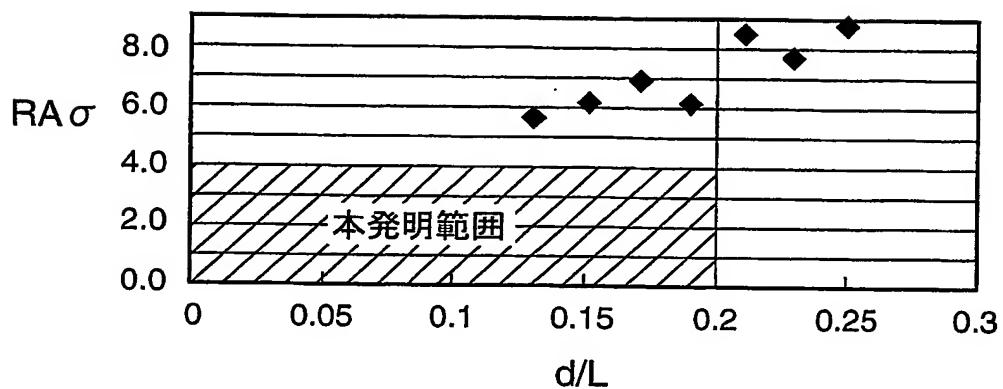


図 4

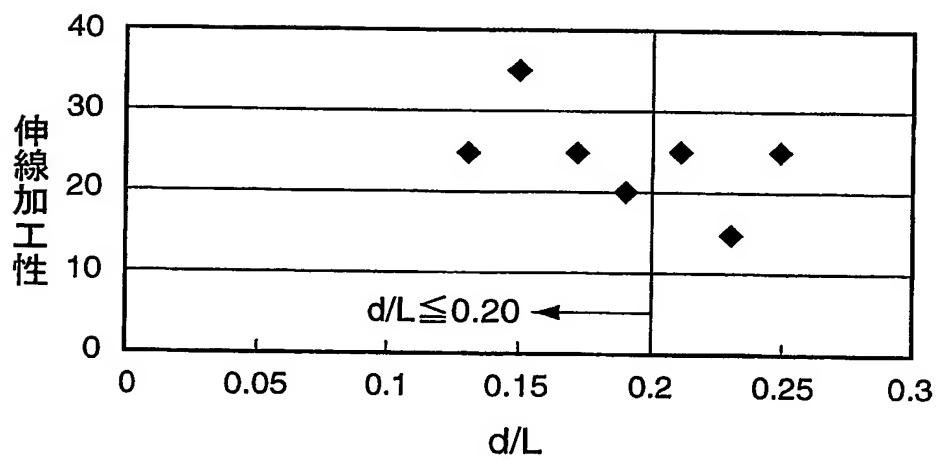


図 5

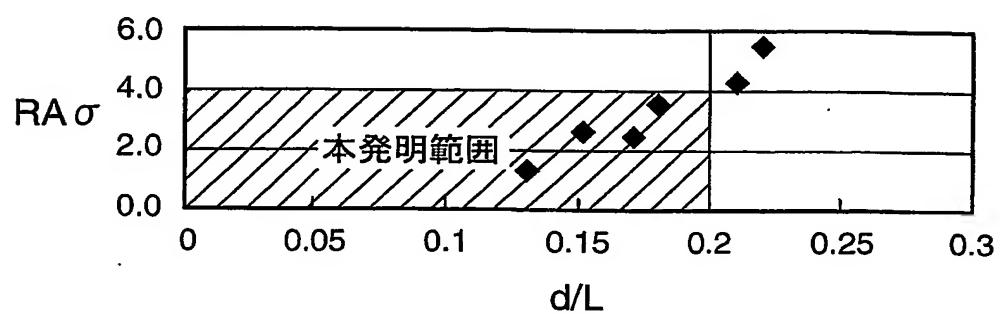


図 6

